

PERBAIKAN PROFIL TEGANGAN DENGAN PENGGUNAAN KAPASITOR PADA SISTEM KELISTRIKAN DI DISTRIK 1 KAWENGAN (AREA TIMUR) PT. PERTAMINA EP REGION JAWA FIELD CEPU

Bambang Wusono¹, Suharyanto², M.Isnaeni B.S²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, FT UGM

²Dosen Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, FT UGM

Abstract

Power plant system is far away from central load. It creates high losses in transmitting electrical power. These losses is because of long way to be passed to the load. Then, in transmitting and distributing electrical power, there are always drop voltage along the transmission line. Problems of Quality of electrics resource (power quality) progressively get the attention, good from side of wearer and also side of Power Plant. Decreasing of power factor will be influence to the value of electricity, so power factor degradation will be influence quality on electricity. In concluding, power factor represent one of parameter which requires to be considered in effort improves or repair of the quality of electrics resource.

Keywords: Drop voltage, Power factor, Capacitor shunt, Voltage quality

1. Pendahuluan

PT. Pertamina (Persero) Tbk. berdiri pada tahun 1957 yang merupakan salah satu industri milik pemerintah yang bergerak dalam bidang minyak dan gas terbesar di Indonesia. PT. Pertamina EP Field Cepu merupakan salah satu bagian dari PT. Pertamina (Persero) Tbk yang bergerak dibidang Eksplorasi dan pengeboran minyak terbesar di Indonesia. Wilayah pengeboran di Blok Cepu yang meliputi beberapa area yaitu Kawengan, Ledok-Nglobo, Semanggi, dan Wonocolo, Ngantru. Untuk memenuhi kebutuhan listrik di wilayah Pengeboran khususnya distrik 1 Kawengan (Bojonegoro), PT. Pertamina EP menggunakan energi listrik dari *Power Plant* dengan GENSET (*Generator Set*) dengan kapasitas sampai 500 kVA. Karena banyaknya beban-beban induktif seperti motor-motor pada sumur anggur sehingga membuat faktor daya pada sistem menjadi rendah dan bervariasi karena pada area timur distrik 1 kawengan belum dipasang kapasitor.

Permasalahan kualitas sumber daya listrik (*power quality*) semakin mendapat perhatian, baik dari sisi pemakai maupun sisi pembangkit. *Cos Phi* atau faktor daya akan mempengaruhi nilai dari arus listrik itu sendiri, selanjutnya penurunan faktor daya tersebut juga akan mempengaruhi profil tegangan. Dengan demikian faktor daya merupakan salah satu parameter yang perlu dipertimbangkan dalam

usaha memperbaiki kualitas sumber daya listrik (*power quality*).

2. Metode Penelitian

a. Sistem Pembangkit

Untuk Distrik I Kawengan, energi listrik untuk kebutuhan operasinya disuplai dari *power plant* sendiri. Unitnya terdiri dari lima buah *genset* dengan kapasitas sampai 500 kVA

b. Sistem Distribusi

Tegangan yang beroperasi pada elektromotor sebesar 0.4 kV sehingga untuk memenuhi kebutuhan digunakan trafo distribusi (*step down*) dari 6.3 kV menjadi 0.4 kV, hal ini bertujuan untuk menaikkan arus yang akan digunakan untuk mencatu elektromotor.

c. Beban

Beban yang ada di Distrik I Kawengan kebanyakan adalah elektromotor yaitu sebanyak ± 54 buah (untuk wilayah timur sebanyak 27 motor).

Dalam melakukan serangkaian penelitian di PT. PERTAMINA EP *Region Jawa Field Cepu* Khususnya di Distrik 1 Kawengan (Area Timur) ini penulis melalui beberapa tahapan penelitian sebagai berikut:

1. Menentukan lokasi penelitian,
2. Perizinan penelitian dilokasi,
3. Tinjauan lokasi penelitian,
4. Menentukan bahan penelitian,
5. Melakukan rekam gambar dan mencatat data-data yang diperlukan,

pada jaringan tegangan rendah, Adapaun perinciannya sebagai berikut:

Tabel 3.2 Perbandingan *drop* tegangan menggunakan ETAP v4.0.0 dengan perhitungan rumus.

Motor	PERHITUNGAN		ETAP v4.0.0		SARAFUS SPLN 72.1987
	Voltage drop	Voltage Drop	Voltage drop	Voltage Drop	
	Vs-Vr (kV)	(%)	Vs-Vr	(%)	
Motor KW 79	0,011	3,90	0,004	1,06	memenuhi
Motor KW 91	0,018	3,43	0,008	2,34	memenuhi
Motor KW 61	0,010	2,45	0,006	1,81	memenuhi
Motor KW 80	0,009	2,38	0,004	1,08	memenuhi
Motor SP IV/200	0	0	0	0	memenuhi
Motor KW 34	0,017	4,50	0,012	3,23	tidak memenuhi
Motor KW 18	0,001	0,26	0	0	memenuhi
Motor MT	0,012	3,17	0,011	3,00	memenuhi
Motor KW 97	0,014	3,70	0,014	3,70	memenuhi

No	Saluran	Motor	PERHITUNGAN		ETAP v4.0.0		SARAFUS SPLN 72.1987
			Voltage drop	Voltage Drop	Voltage drop	Voltage Drop	
			Vs-Vr (kV)	(%)	Vs-Vr	(%)	
1	Trafo SS	Motor CO Pump	0,003	0,26	0	0	memenuhi
		Motor 24	0,028	6,58	0,022	5,53	tidak memenuhi
2	Trafo Iqumad	Motor SP	0	0	0	0	memenuhi
3	Trafo KW 42	Motor KW 42	0,011	3,43	0,008	2,34	memenuhi
4	Trafo SPV	Motor SP V Gump	0,003	0,26	0	0	memenuhi
5	Trafo SPV	Trafo KW 28	0,004	0,38	0,001	0,26	tidak memenuhi
		Trafo KW 81	0,009	2,38	0,004	1,08	tidak memenuhi
		Trafo KW 77	0,014	3,70	0,009	2,38	tidak memenuhi
6	Trafo KW 121	Trafo KW 40	0,011	3,43	0,011	3,43	memenuhi
		Motor KW 36	0,014	3,70	0,011	3,43	memenuhi

3.3 Perhitungan Nilai Kapasitor Jaringan Tegangan Menengah/JTM

Menurut SPLN No.72 1987 yaitu untuk Saluran Tegangan Menengah maka *drop* tegangan yang masih diijinkan sebesar 5% sehingga dari hasil perhitungan untuk *drop* tegangan tertinggi pada Saluran Tegangan Menengah (6,3kV) di PT. PERTAMINA EP Field Cepu yaitu sebesar 0,30 kV atau sebesar 4,82 % pada saluran pada trafo KW 112, Dalam hal ini maka pemasangan kapasitor untuk perbaikan *drop* tegangan tidak begitu diperlukan karena *drop* tegangan masih sesuai yang diijinkan oleh PLN.

A. Jaringan Tegangan Rendah/JTR

Pada Jaringan Tegangan Rendah yaitu 380 V, sesuai SPLN No.72 1987 maka *drop* tegangan maksimal yang diijinkan yaitu sebesar 4%, Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan terdapat beberapa titik saluran yang *drop* tegangannya melebihi batas yang telah ditetapkan oleh PLN, Adapaun beberapa saluran yang mengalami *drop* tegangan melebihi batas yang telah ditetapkan PLN yaitu:

1. Lokasi Area Timur 1

a. Trafo SP IV/ 210 kVA

- Saluran Motor KW 94, terjadi *drop* tegangan sebesar 0,017 kV atau 4,50 %.

2. Lokasi Area Timur 2

a. Trafo SS/ 500 kVA

- Saluran Motor 36, terjadi *drop* tegangan sebesar 0,025 kV atau sebesar 6,58 %.

b. Trafo SP V/ 200 kVA

- Saluran Motor KW 28, terjadi *drop* tegangan sebesar 0,044 kV atau sebesar 11,58 %.
- Saluran Motor KW 84, terjadi *drop* tegangan sebesar 0,020 kV atau sebesar 5,26%.
- Saluran Motor KW 77, terjadi *drop* tegangan sebesar 0,024 kV atau sebesar 6,32%.

Sehingga dari hasil perhitungan yang telah dilakukan terdapat beberapa saluran yang mengalami *drop* tegangan yang melebihi dari batas yang ditetapkan menurut SPLN yaitu untuk saluran distribusi sebesar 4%, sehingga untuk memperkecil *drop* tegangan pada saluran-saluran tersebut dipasang kapasitor parallel pada setiap trafo distribusinya.

Berikut perhitungan nilai kapasitor yang harus dipasang untuk mengurangi *drop* tegangan agar sesuai yang telah ditetapkan PLN sebesar 4%, Untuk lebih detailnya sebagai berikut:

1. Lokasi Area Timur 1:

a. Trafo SP IV/ 210 kVA

$$V_s = 0,378 \text{ kV}$$

$$P_f = 0,75$$

$$I = 462 \text{ A}$$

Dari data diatas dapat dihitung nilai untuk daya aktif(P), daya reaktif(Q) berikut,[1]

$$\begin{aligned} P_1 &= 1.73 \times V \times I \times \cos \theta \\ &= 1.73 \times 378 \times 462 \times 0.75 \\ &= 226,6 \text{ KW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_1 &= 1.73 \times V \times I \times \sin \theta \\ \cos \theta &= 0.75 \rightarrow \theta = 41,4^\circ \\ &= 1.73 \times 378 \times 462 \times \sin 41,4^\circ \\ &= 199,8 \text{ kVar} \end{aligned}$$

$\cos \theta$ yang diinginkan yaitu 0,8, Sehingga perhitungan untuk Q2 yaitu,

$$\begin{aligned} Q_2 &= P_1 \tan \theta \\ \cos \theta &= 0,8 \rightarrow \theta = 36,9^\circ \\ &= 226,6 \text{ KW} \times \tan 36,9^\circ \\ &= 170 \text{ kVar} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{yang diperlukan}} &= Q_1 - Q_2 \\ &= 199,8 \text{ kVar} - 170 \text{ kVar} \\ &= 29,7 \text{ kVar} \end{aligned}$$

Sehingga berdasarkan data perhitungan diatas dapat dihitung untuk I_L , X_c dan C, berikut perinciannya,[2]

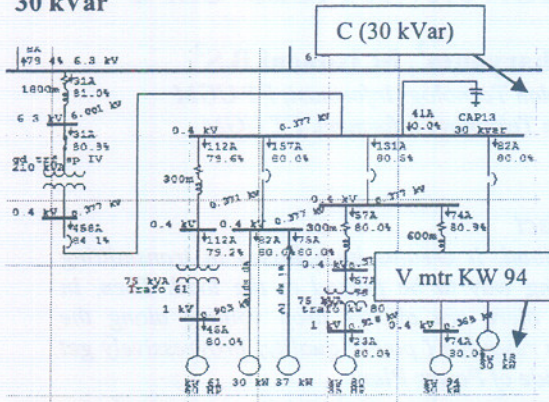
$$\begin{aligned} I_L &= Q / (\sqrt{3} \times V) \\ &= 29,7 \text{ kVar} / (1.73 \times 378) \\ &= 45,4 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_c &= KV^2 / (Kvar) \times 10^3 \\ &= 0.378^2 / 29,7 \times 10^3 \\ &= 4,8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C &= 10^6 / ((2.f.\pi).X_c) \\ &= 1 / 2 \times 50 \times 3.14 \times 4,8 \times 10^6 \end{aligned}$$

$$= 663,5 \mu\text{f}$$

Hasil Simulasi ETAP v 4.0.0 untuk
mendapat faktor daya sebesar 0,8 adalah dengan
memasang kapasitor sebesar
30 kVar



Gambar 3.2 Simulasi pemasangan kapasitor trafo SP IV

Dari hasil simulasi pemasangan kapasitor dengan ETAP maka *drop* tegangan dari motor yang jaraknya terjauh (600m)/ Motor KW 94 sekarang menjadi sebesar 365 V, Nilai *drop* yang masih diijinkan sesuai SPLN untuk distribusi yaitu sebesar 4% atau sebesar:

$$0,04 \times 380 \text{ V} = 15,2 \text{ V}$$

Sehingga batas bawah yang diijinkan setelah *drop* tegangan adalah,

$$380V - 15,2V = 364,8V$$

Dilihat dari batas bawah tegangan yang diijinkan yaitu sebesar 364,8V maka hasil simulasi sebesar 365V sekarang sudah memenuhi batas bawah tegangan yang diijinkan SPLN (Standar Perusahaan Listrik Negara).

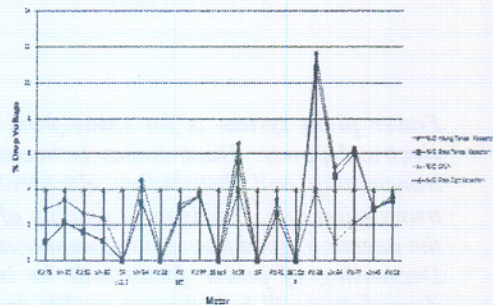
Tabel 3.3 Perbandingan *drop* tegangan sebelum dan sesudah pemasangan Kapasitor pada Trafo Distribusi.

No	Indikator	Nilai	Tingkat Ketuntasan	Presentase	Nilai	Presentase	Nilai	Presentase
Tema 1	Inf SPH -> Mx KW 94	0,378	0,027	4,7	0,361	36	3,5	0,365
Tema 2	Inf SS -Mx 36	0,380	0,025	3,0	0,355	60	4	0,365
	Inf SPH -Mx KW 28	0,380	0,044	11,1	0,366	75	4	0,365
	-Mx KW 74	0,380	0,020	5,6	0,366		1,1	0,376
	-Mx KW 74	0,380	0,034	6,7	0,356		2,1	0,371

Dalam penyelesaian masalah *drop* tegangan di PT. PERTAMINA EP *field* CEPU yaitu dengan pemasangan kapasitor pada sisi sekunder pada trafo distribusi yang mempunyai *drop* tegangan ke motor melebihi SPLN (4% untuk distribusi), Adapun penyelesaiannya terlebih dahulu menggunakan simulasi ETAP v4.0.0, dan dari hasil simulasi tersebut dapat diketahui besar *drop* tegangan yang dapat dikontrol atau yang diharapkan yaitu sekecil mungkin yang masih dalam batas standar

dengan penambahan uji coba beberapa nilai kapasitor sehingga didapat *drop* tegangan terkecil dengan demikian hasil tersebut akan menunjang kualitas listrik yang baik yang akan memaksimalkan proses produksi dalam pengeboran minyak.

Grafik 1 Perbandingan %Voltage Drop tanpa Kapasitor dan dengan Kapasitor pada JTR



Berikut beberapa pertimbangan yang menguntungkan dari pemasangan kapasitor parallel pada sisi sekunder disetiap trafo yaitu, [3]

1. Pemasangan kapasitor pada trafo lebih murah dari pada pemasangan pada setiap motor,
2. Jangkauan lebih mudah dari pada pemasangan setiap motor yang berada pada berbagai tempat pengeboran dihutan,
3. Pengecekan dan *maintenance* lebih mudah,
4. Hemat waktu dan tenaga, sehingga dalam melakukan pekerjaan akan lebih efisien.

4. Kesimpulan

1. Pemasangan kapasitor merupakan alternatif terbaik untuk peningkatan faktor daya sehingga dapat memperkecil *drop* tegangan pada saluran distribusi,
2. Penempatan kapasitor pada setiap bus di sekunder trafo merupakan salah satu alternatif lokasi penempatan yang mempertimbangkan dari besarnya investasi yang dikeluarkan, kemudahan dalam menjangkau lokasi dan kemudahan perawatan atau *maintenance*.

5. Referensi

- [1] Stevenson, William D. Jr, 1984, *Analisis Sistem Tenaga Listrik*, Erlangga, Jakarta Pusat.
- [2] Mismail Budiono, 1995, *Rangkaian Listrik*, ITB, Bandung.
- [3] Edminister A Joseph, 1984, *Rangkaian Listrik*, Erlangga, Jakarta